

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TÉMA:** Kontinuální vážení skleněných výlisků z tvarovacího stroje

**Anotace:**

Bakalářská práce shrnuje návrhy vybraných koncepčních řešení kontinuálního vážení skleněných výlisků z tvarovacího stroje spolu s návrhem konstrukčního řešení vybraného konceptu. Eliminuje podíl fyzické námahy obsluhy a zefektivňuje celý proces vážení.

**Annotation:**

Bachelor thesis summarizes the conceptual designs of possible solutions to the continuous weighing of glass presslings from forming machine, along with a proposal to the selected design concept. Eliminates the share of physical exertion and service streamlines the process of weighing.

**Klíčová slova:** kontinuální vážení, skleněné výlisky, automatizace

**Key words:** continuous weighing, glass presslings, automation

**Prohlášení:**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne: 27. 5. 2011

.....  
Adam Socha



### **Poděkování:**

Rád bych poděkoval kolektivu lidí, kteří mi pomáhali při řešení této práce. Zvláště pak panu doc. Ing. Františku Novotnému, CSc., Ing. Marcelu Horákovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a obětavou spolupráci během řešení bakalářské práce.

**Obsah:**

<i>Anotace/ Annotation</i>	<i>1</i>
<i>Poděkování</i>	<i>3</i>
<i>Obsah</i>	<i>4</i>
<i>Seznam použitých symbolů</i>	<i>6</i>
<i>Úvod</i>	<i>8</i>
<b>1 Analýza současného stavu</b>	<b>9</b>
1.1 Doprava výlisků z tvarovacího stroje .....	9
1.1.1 Popis výstupu pásového dopravníku .....	10
1.2 Popis problematiky .....	10
1.2.1 Současný stav .....	11
1.2.2 Očekávaný výsledek řešení .....	11
1.2.3 Rozbor sortimentu .....	12
1.2.4 Problematika vážení .....	13
1.3 Stanovení technických podmínek .....	14
<b>2 Návrhy alternativních řešení kontrolních zařízení</b>	<b>15</b>
2.1 Rozbor možností automatizace vážení .....	15
2.1.1 Oddělení vážené dávky .....	16
2.1.2 Stanovení počtu kusů .....	18
2.1.3 Stanovení kusové hmotnosti .....	20
2.1.4 Vrácení vážené dávky do hlavního toku .....	21
2.2 Návrhy konstrukce vážicího zařízení .....	22
2.2.1 Varianta A .....	22
2.2.2 Varianta B .....	23
2.2.3 Varianta C .....	24
2.2.4 Varianta D .....	25



2.2.5	<i>Varianta E</i>	26
2.2.6	<i>Varianta F</i>	27
2.3	<i>Rozhodovací analýza – výběr varianty pro konstrukční řešení</i>	29
<b>3</b>	<b><i>Konstrukční řešení zvolené varianty</i></b>	<b>31</b>
3.1	<i>Konstrukční návrh stolu</i>	33
3.2	<i>Konstrukční návrh vážícího nástavce</i>	36
3.3	<i>Konstrukční návrh gravitačního skluzu</i>	37
3.3.1	<i>Návrh kyvného pohonu pro gravitační skluz</i>	38
3.4	<i>Návrh pracovního pneumatického obvodu</i>	41
3.4.1	<i>Popis funkce pneumatického obvodu</i>	42
3.5	<i>Technická dokumentace</i>	43
<b>4</b>	<b><i>Závěr a zhodnocení využitelnosti</i></b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b><i>Použitá literatura</i></b>	<b>45</b>

**Seznam použitých symbolů:**

<u>Označení</u>	<u>Jednotka</u>	<u>Název</u>
$a$	(m)	délkový rozměr kývaného tělesa
$b$	(mm)	délkový rozměr stolu
$c$	(mm)	šířkový rozměr stolu
$D$	(mm)	průměr výlisku
$E_{\omega}$	(J=N·m)	kinetická energie rotující části
$F$	(N)	zatěžující síla
$F_1$	(N)	provozní síla
$F_{\max}$	(N)	dovolená tahová síla v kotevním šroubu
$F_Q$	(N)	předpětí ve šroubovém spoji
$F_{p1}$	(N)	tlaková síla ve spojovaných součástech
$\Delta F_{p1}$	(N)	změna síly mezi spojovanými součástmi
$F_{s1}$	(N)	zatěžující tahová síla za provozu šroubového spoje
$\Delta F_{s1}$	(N)	změna síly ve šroubu
$f$	(-)	součinitel tření
$f_p$	(-)	součinitel tření matice a kotevní nohy
$f_z$	(-)	součinitel tření závitů šroubu a matice
$g$	(m·s <sup>-2</sup> )	gravitační zrychlení
$H$	(mm)	délka hrany výlisku
$h$	(mm)	výška
$h_1$	(mm)	výška stolu
$I$	(kg·m <sup>2</sup> )	hmotnostní moment setrvačnosti
$i$	(ks)	počet šroubů
$k$	(-)	koeficient
$k_s$	(-)	tuhost šroubu
$k_p$	(-)	tuhost spojovaných materiálů
$l$	(mm)	délka skluzu
$M$	(g)	hmotnost váženého souboru
$M_E$	(N·m)	potřebný krouticí moment
$M_E^{'}$	(N·m)	krouticí moment zvoleného kyvného pohonu
$M_o$	(N·m)	ohybový moment



$M_T$	(N·m)	teoretický krouticí moment
$m$	(kg)	hmotnost
$m_{ks}$	(g)	hmotnost výlisku okamžitá
$m_{ksn}$	(g)	hmotnost výlisku jmenovitá
$m_{max}$	(g)	hmotnost výlisku maximální
$m_{min}$	(g)	hmotnost výlisku minimální
$N$	(ks)	zadaný počet výlisků ve váženém souboru
$n$	(ks)	počet výlisků ve váženém souboru
$t$	(s)	čas pro otočení o úhel $\varphi$
$v$	(mm)	výška výlisku
$v_1$	(m·s <sup>-1</sup> )	vstupní rychlost výlisku na gravitační skluz
$v_2$	(m·s <sup>-1</sup> )	výstupní rychlost výlisku z gravitačního skluzu
$\beta$	(°)	úhel sklonu skluzu
$\varepsilon$	(rad·s <sup>-2</sup> )	úhlové zrychlení
$\varphi$	(rad)	úhel otočení
$\psi$	(-)	součinitel přetížitelnosti spoje
$\omega$	(rad·s <sup>-1</sup> )	úhlová rychlost

## Úvod

Celosvětovým trendem napříč všemi technickými, ale i netechnickými obory, je automatizace výrobních postupů. Sklářský průmysl v tomto ohledu vždy hrál vedoucí úlohu. V rámci automatizace výrobních postupů ve firmě PRECIOSA, a.s. na závodě 06 v Jablonci nad Nisou je požadováno nahradit manuální kontrolní vážení skleněných výlisků z tvarovacího stroje vážením automatizovaným, které umožní snadnou a rychlou kontrolu jakosti vyráběného sortimentu.

Bakalářská práce je zaměřena na koncepční řešení kontinuálního vážení skleněných výlisků z tvarovacího stroje. Práce je rozdělena do čtyř kapitol, které jsou věnovány jednotlivým bodům zadání.

V první kapitole je proveden rozbor výrobního procesu a sortimentu s respektováním specifík manipulace se skleněnými výlisky. V jejím závěru jsou uvedeny technické podmínky pro návrh řešení automatického vážení.

Druhá kapitola je věnována teoretickému rozboru možností automatického snímání počtu výlisků a vážení a jsou navržena alternativně koncepční řešení kontrolního zařízení. Pomocí rozhodovací analýzy je vybrána optimální varianta pro konstrukční řešení.

Kapitola třetí již řeší vlastní konstrukci zvolené varianty, návrh pracovního stolu z eloxovaných hliníkových profilů od firmy ITEM, umístění kyvného pohonu, gravitačního skluzu a konstrukci a pohon vážicího nástavce. Navržená varianta je zpracována formou základních sestavných výkresů a tvoří přiloženou technickou dokumentaci.

Ve čtvrté kapitole je zhodnocen přínos a využitelnost navrženého řešení.

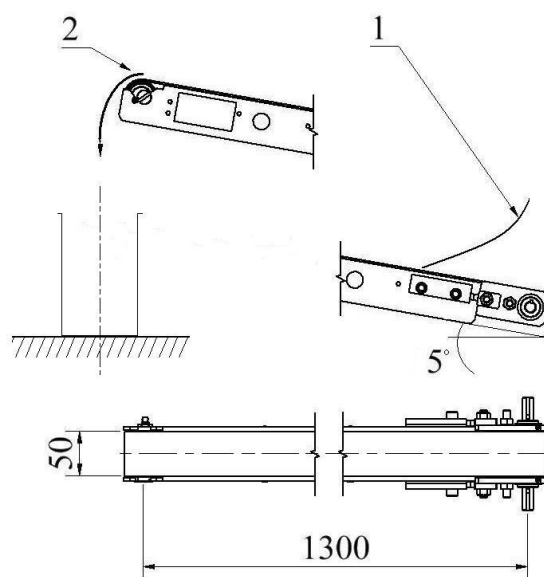


## 1 Analýza současného stavu

Ve firmě PRECIOSA, a.s. na závodě 06 v Jablonci nad Nisou se vyrábějí drobné bižuterní komponenty. Při tvarování je použito Maturovo mačkadlo (typ FLM1-MVP), které produkuje výlisky malých rozměrů od 6 do 14 mm a nízkých hmotností od 0,171 do 1,955 g/ks. Z tvarovacího stroje se výlisky pohybují skluzem na pásový dopravník, který je dopravuje do temperační nádoby.

### 1.1 Doprava výlisků z tvarovacího stroje

Přesun výlisků do temperační nádoby je realizován dopravníkem s drátěným pásem o šířce 50 mm (obr. 1). Teplota výlisků při vstupu na dopravník se pohybuje v rozmezí  $610 \pm 10^\circ\text{C}$ , což klade specifické nároky na manipulaci. Z důvodu chladnutí výlisků je nutné provádět operaci vážení na konci pásového dopravníku. Zde mají výlisky teplotu cca  $300^\circ\text{C}$ , která zaručuje jejich tvarovou stálost. Kulaté tvary mají tendenci se po dopadu na pásový dopravník kutálet. Tomuto jevu je částečně zabráněno úhlem stoupání pásového dopravníku cca  $5^\circ$ . Výroba funguje bezbrokovým způsobem. Určitý přelisek při tvarování vzniká, ale samovolně padá do nádoby s vodou, která je umístěna přímo pod tvarovacími kaplíky. Na pásovém dopravníku se nachází jen samotné výlisky.

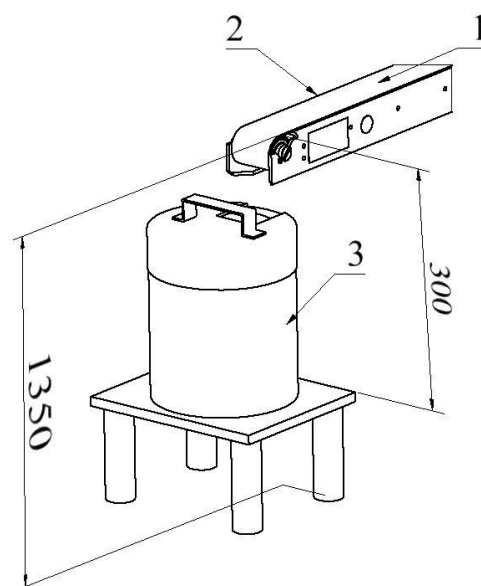


**Obr. 1** Pásový dopravník

- 1) skluz z tvarovacího stroje
- 2) místo pádu výlisků do temperační nádoby

### 1.1.1 Popis výstupu pásového dopravníku

Výška konce dopravníku od podlahy je 1350 mm a výška pádu výlisků do prázdné temperační nádoby je 300 mm. Nádoba je umístěna na výškově nastavitelném stolku, jehož vrchní deska má rozměry 250 x 400 mm. Zástavbový prostor pro budoucí zařízení je omezen zejména výškou předávacího konce pásového dopravníku od podlahy. Okolní stroje a jejich manipulační prostor netvoří pro návrh zařízení žádná omezení.



**Obr. 2** Výstup z pásového dopravníku

- 1) směr pohybu výlisků
- 2) pásový dopravník
- 3) temperační nádoba

### 1.2 Popis problematiky

U drobných výlisků je velmi obtížné a nepraktické měřit délkové rozměry. Proto je s úspěchem využívána metoda vážení skleněných výlisků. Podle hmotnosti lze určit, zda výlisek dosahuje správného objemu skloviny a tím i správných rozměrů. Vážení jednotlivých kusů klade vysoké nároky na přesnost váhy. Jsou proto vytvářeny soubory několika kusů. Počet kusů v souboru se liší dle sortimentu. Dalším důvodem vytváření souborů je možnost mírného kolísání hmotnosti výlisků, které jsou vyrobeny bezprostředně po sobě. Tento fakt je vážením souboru o více jednotkách částečně eliminován a je zabráněno nežádoucím korekcím stroje. Dodávka výlisků z tvarovacího stroje je nepřetržitá, proto není možné pásový dopravník pozastavovat. Obsluha stroje v intervalu deseti minut odebírá vzorky výlisků a provádí kontrolní vážení. Po naplnění temperační nádoby ji ručně vysype

do sběrného kontejneru. Problémem je zde vysoká četnost měření a fyzická námaha obsluhy, a proto je nutné, aby tato činnost byla automatizována.

### **1.2.1 Současný stav**

Dosud je kontrola hmotnosti skleněných výlisků prováděna manuálně obsluhou. V okamžiku, kdy opustí výlisky přepadový buben dopravníku, je odebrán do připravené misky příslušný počet výlisků. Následně je miska přenesena na digitální váhu Snowrex BBA-600, která je umístěna na jiném stole nežli termonádoba, stranou od dopravníku. Na displeji váhy je odečten údaj o hmotnosti a je porovnán s tabulkovou hodnotou jmenovité hmotnosti, které by měl vážený soubor dosahovat. Je-li hmotnost souboru mimo povolenou toleranci, je provedeno druhé kontrolní vážení. Na základě dvou nevyhovujících výsledků vážení je realizována korekce stroje. Tento způsob měření je pracný a často ne zcela přesný. Proto je nutné, aby manipulace a vážení výlisků byly řešeny efektivnějším a přesnějším způsobem.

### **1.2.2 Očekávaný výsledek řešení**


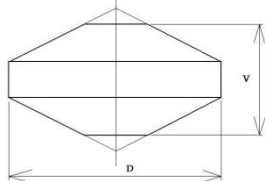

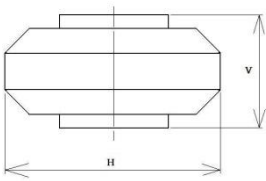

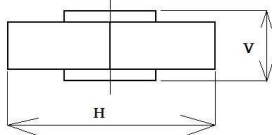

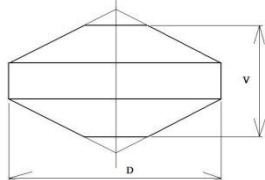
Cílem této bakalářské práce je předložení konstrukčního a výpočtového návrhu realizace měření. Zavedením kontinuálního vážení výlisků bude dosaženo těchto výhod:

- ✓ možnost využití výsledků vážení jako vstupních dat pro automatické korekce chodu stroje => výroba se zpětnou vazbou,
- ✓ zrychlení procesu,
- ✓ naměřené hodnoty bude možno archivovat a následně sestavit graf zachycující vývoj hodnot hmotností v čase (bude možnost posoudit, zda se jedná o náhodný výkyv, který nevyžaduje zásah do nastavení stroje, nebo zda jde o dlouhodobější trend).

### 1.2.3 Rozbor sortimentu

Vyráběný sortiment je široký a obsahuje výlisky mnoha tvarů, rozměrů a hmotností. Navržené řešení kontinuálního vážení musí spolehlivě fungovat pro všechny výrobky. Z hlediska testování funkce navržených mechanismů je vhodné rozdělit výlisky do čtyř skupin, které budou zastoupeny svým typickým představitelem (tab. 1).

**Tab. 1** Rozměrové a hmotnostní údaje typických představitelů

	Název výlisku	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]
 	<u>Kytička 1D14</u>  Takt 50 ks/min  Soubor = 5 ks	$v = 8.3 \pm 0.2$ $D = 14.0$	$m_{ksn} = 1.955$  $m_{min} = 1.950$ $m_{max} = 1.960$
 	<u>Čtvereček H8</u>  Takt 90 ks/min  Soubor = 5 ks	$v = 4.6 \pm 0.2$ $H = 8.0$	$m_{ksn} = 0.500$  $m_{min} = 0.496$ $m_{max} = 0.505$
 	<u>Triangl</u>  Takt 150 ks/min  Soubor = 10 ks	$v = 3.3 \pm 0.2$ $H = 6.0$	$m_{ksn} = 0.184$  $m_{min} = 0.182$ $m_{max} = 0.187$
 	<u>Kytička 1D6</u>  Takt 130 ks/min  Soubor = 10 ks	$v = 3.2 \pm 0.2$ $D = 6.0$	$m_{ksn} = 0.171$  $m_{min} = 0.169$ $m_{max} = 0.174$

V tabulce uvedení typičtí představitelé pokrývají svým tvarem, velikostí a hmotností celý vyráběný sortiment.

Nejdůležitějším rozměrem výlisků je jejich výška z důvodu upínání do přípravků pro broušení. Výškový rozměr má toleranci  $\pm 0,2$  mm. Jmenovité hmotnosti jednotlivých výlisků mají tolerance dle tabulky 1.

#### 1.2.4 Problematika vážení

Každá váha je určena těmito základními parametry:

- ✓ *váživost* - maximální hodnota hmotnosti, která lze na váze zvážit,
- ✓ *odčitelnost* - nejmenší hmotnostní rozdíl, který váha zobrazí,
- ✓ *ověřitelná odčitelnost* - nejmenší ověřitelný hmotnostní rozdíl,  
který váha zobrazí,
- ✓ *specifické vlastnosti* – rozměry, váhící plocha, počítání kusů, způsob kalibrace, aretace, jednotky měření, ochrana proti přetížení, datové rozhraní (RS232)

V současné době je používána váha od firmy Snowrex, model BBA-600 s váživostí 600 g a odčitelností 0,01 g. V případě vážení skleněných výlisků v blízkosti tavícího agregátu a tvarovacích strojů nelze dosáhnout přesnějších výsledků vážení bez speciálního uložení váhy tak, aby bylo zabráněno působení vibrací, prachu, průvanu a zvýšených teplot. Váha Snowrex BBA-600 svými parametry vyhovuje, a proto by bylo výhodné její začlenění do návrhu kontrolního zařízení. Lze zvolit i jinou váhu za předpokladu, že bude splňovat parametry odčitelnosti 0,01 g a minimální váživosti 510 g.

#### Výpočet minimální váživosti:

Nejvyšší hmotnost vážené dávky je v případě Kytíčky 1D14, jejíž  $m_{\max} = 1,96$  g. Soubor o pěti kusech tedy dosahuje maximální hmotnosti 9,8 g. Je nutné počítat s tím, že do výroby přijdou i těžší výlisky nebo požadavek vážit vyšší počet kusů.



S rezervou tedy např.:

$m_{\max}$  /ks..... 4 g  
soubor ..... 10 ks  
 $m_{\max}$  /soubor ..... 40 g

Hmotnost vážícího nástavce je 470 g.

- ✓ *Tara* = hmotnost vážícího nástavce = 470g
- ✓ *Netto* = hmotnost výlisků bez nástavce = 40g
- ✓ *Brutto* = hmotnost výlisků včetně nástavce = 510g

### 1.3 Stanovení technických podmínek

Návrh budoucího vážícího zařízení je omezen hlavně výškou předávacího konce dopravníku od podlahy, což je 1350 mm. Vzhledem k rozměrům váhy a temperační nádoby je tato výška dostačující. S půdorysnou plochou budoucího zařízení by neměli nastat žádné komplikace, jelikož okolní stroje a jejich manipulační prostor jsou v dostatečné vzdálenosti a předpokládané rozměry vážícího zařízení by neměli výrazně překročit půdorysnou plochu současného uspořádání.

**Tab. 2** Technické podmínky

VÝLISKY:	
- Typičtí představitelé: Kytíčka 1D14, Čtvereček H8, Triangl a Kytíčka 1D6	
- Rozměry, hmotnosti a takt viz <i>Tab. č. 1.1</i>	
LINKA:	
- Typ: pásový dopravník s drátěným pásem	
- Rozměry: délka .....1300 mm	
šířka ..... 50 mm	
úhel stoupání ..... 5°	
výška předávacího konce nad podlahou ..... 1350 mm	
TEMPERAČNÍ NÁDOBA:	
- Rozměry: průměr ..... 150 mm	
výška ..... 180 mm	
- Objem: ..... cca 3000 cm <sup>3</sup>	



## 2 Návrhy alternativních řešení kontrolních zařízení

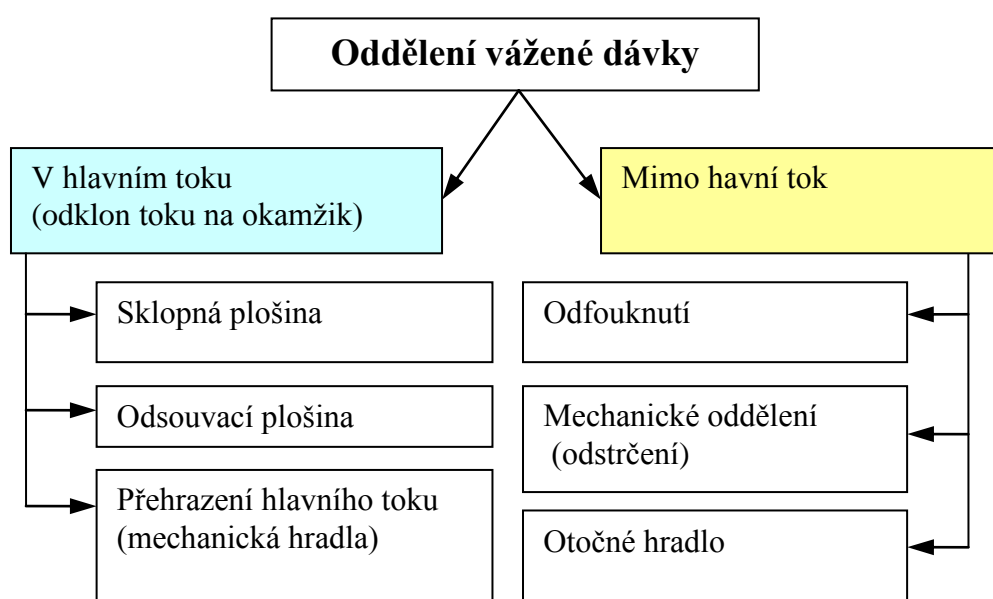
## 2.1 Rozbor možností automatizace vážení

- ✓ oddělení vážené dávky,
- ✓ stanovení počtu kusů ve vážené dávce,
- ✓ stanovení kusové hmotnosti,
- ✓ vrácení vážené dávky do hlavního toku.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE 2011

### 2.1.1 Oddělení vážené dávky

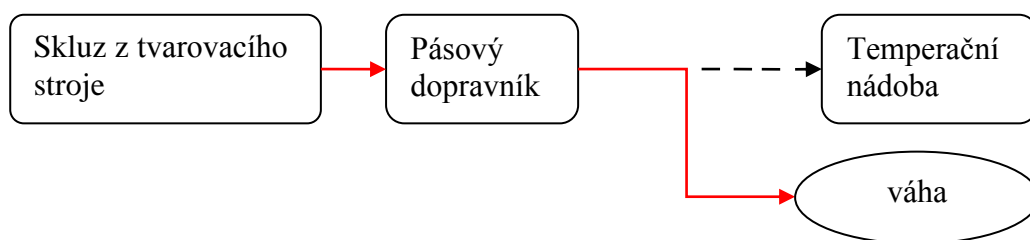
Operaci oddělení vážené dávky je nutné provádět v koncové části pásového dopravníku, aby byla zaručena tvarová stálost výlisků během manipulace. V ideálním případě je manipulováno s výlisky v okamžiku kdy opustí přepadový buben dopravníku. Principiálně lze rozlišit dva základní způsoby, kterými je možné získat soubor výlisků k vážení. Vybrané varianty jsou zobrazeny na následujícím schématu (obr. 3).



**Obr. 3** Oddělení vážené dávky

Varianta oddělení vážené dávky v hlavním toku spočívá v krátkém odklonění hlavního toku výlisků (obr. 4), což lze realizovat pomocí jednoduchých automaticky ovládaných zařízení jako např. sklopné plošiny, odsouvací plošiny nebo pomocí odklonu hlavního toku mechanickým hradlem.

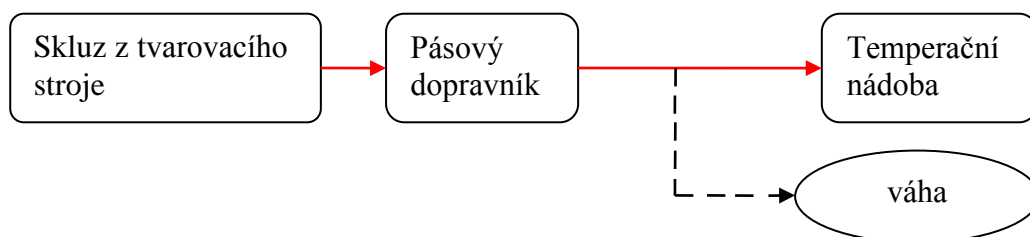




**Obr. 4** Oddělení vážené dávky v hlavním toku (odklon toku na okamžik),

- červená barva šipek značí hlavní tok výlisků,
- čárkovaná šipka značí pohyb výlisků na váhu

Varianta oddělení mimo hlavní tok (obr. 5) spočívá v separaci určitého počtu výlisků mimo soustavu skluz-dopravník-termobedna. Toto je prováděno bez odklonu hlavního toku výlisků. Výlisky mohou být z pásového dopravníku odfouknuty pneumatickým impulzem na základě informace od optického snímače, který zaznamená jejich pozici na pásu. Lze tak učinit i mechanickým odstrkáváním v kombinaci s optickými snímači nebo pomocí mechanického hradla.

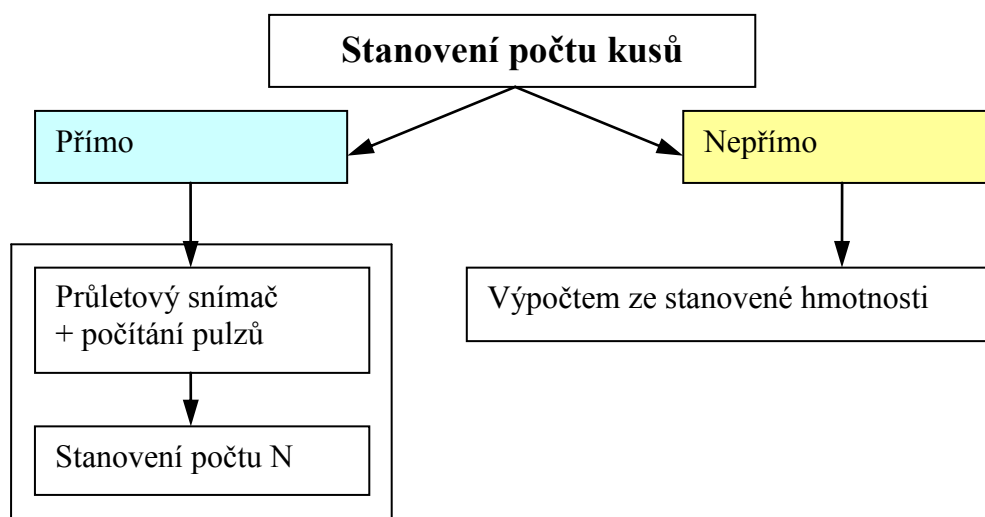


**Obr. 5** Oddělení vážené dávky mimo hlavní tok

- červená barva šipek značí hlavní tok výlisků,
- čárkovaná šipka značí pohyb výlisků na váhu

### 2.1.2 Stanovení počtu kusů ve vážené dávce

Základní možné varianty koncepčního řešení pro automatizaci tohoto úkonu jsou patrné z obr. 6.

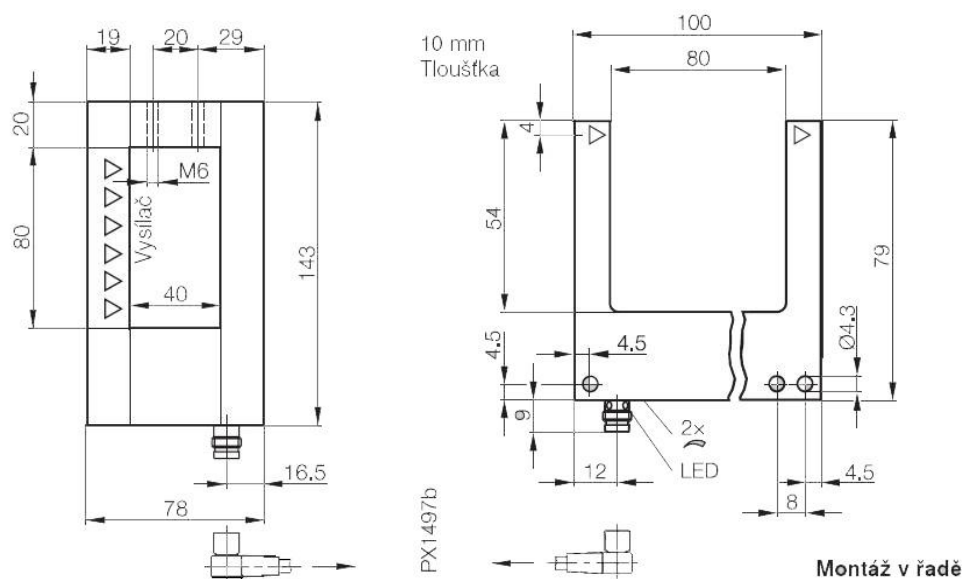


**Obr. 6** Metody stanovení počtu kusů

Metodou přímého stanovení počtu kusů lze vytvářet soubory o definovaném počtu kusů (N). Je zde využíváno optoelektronických snímačů. Ty pracují na principu, při kterém je světlo vysílače snímáno přijímačem a dále převedeno na výstupní elektrický signál. Vysílač je zdrojem světelných záblesků (modulovaného světla) v oblasti infračerveného nebo červeného světla. Světelné záblesky umožňují krátkodobé zvýšení vysílacího výkonu a zaručují zvýšenou odolnost vůči rušení. Nejvhodnějším typem snímačů pro průlet malých předmětů jsou z hlediska spolehlivosti vidlicové optické závory, popř. průletové optické závory (obr. 7). Nevýhodou optických závor je však jejich vysoká cena. Další variantou jsou senzory se světlovody, jejichž cena je nižší než u průletových optických závor, avšak k spolehlivé detekci je zapotřebí přivést snímáný předmět do úzkého světelného paprsku.

Mezi přední výrobce optoelektronických snímačů patří např.:

- |               |  |
|---------------|--|
| ✓ Balluff     | ( <a href="http://www.balluff.cz">www.balluff.cz</a> )         |
| ✓ SICK        | ( <a href="http://www.sick.cz">www.sick.cz</a> )               |
| ✓ Turck       | ( <a href="http://www.turck.cz">www.turck.cz</a> )             |
| ✓ Infrasektor | ( <a href="http://www.infrasektor.cz">www.infrasektor.cz</a> ) |
| ✓ Keyence     | ( <a href="http://cz.keyence.com">cz.keyence.com</a> )         |



**Obr. 7** Průřetová optická závora a vidlicová optická závora z nabídky firmy Balluff

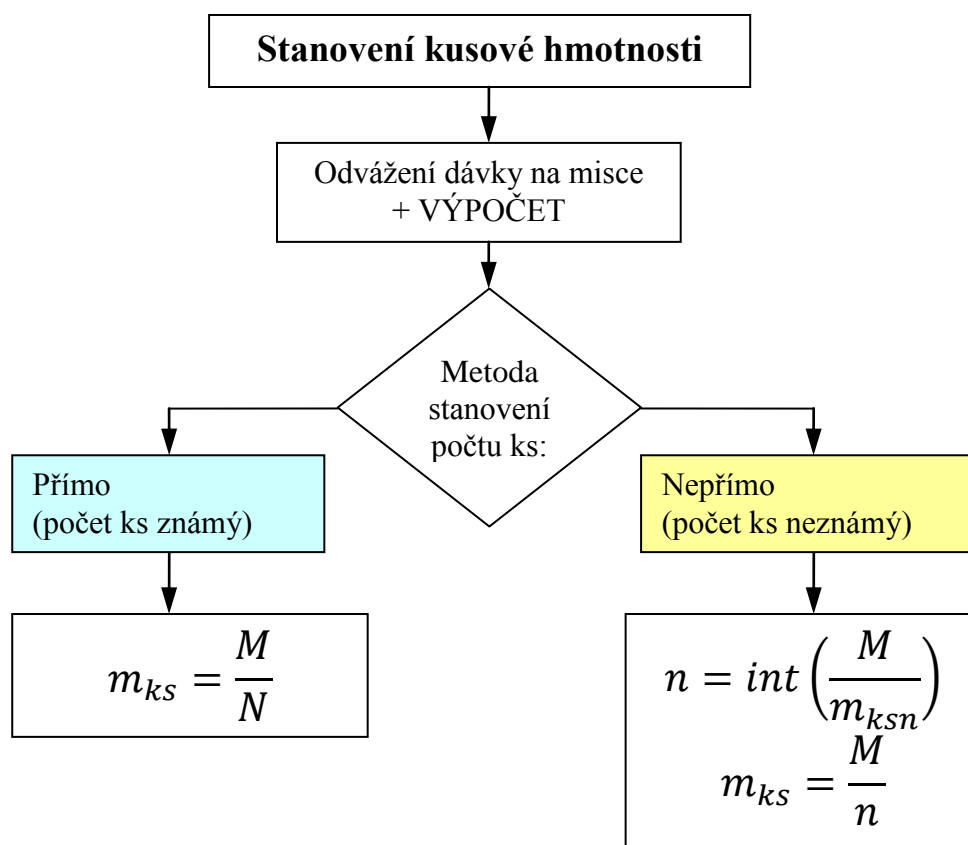
Metoda nepřímého stanovení počtu kusů ve vážené dávce spočívá v oddělení vážené dávky o neznámém počtu výlisků. Je třeba znát jmenovitou hmotnost jednoho výlisku ( $m_{ksn}$ ). Dávka je zvážena a pomocí vztahu (1) je stanoven počet kusů v dávce ( $n$ ). Metodou nepřímého stanovení počtu kusů jsou vytvářeny soubory o různém počtu výlisků.

$$n = \text{int} \left( \frac{M}{m_{ksn}} \right) \quad (1)$$

Odčitelnost váhy musí být 0,01 g. Musí být zabráněno situaci, kdy hmotnostní odchylky jednotlivých kusů od jmenovité hmotnosti dají součtem jmenovitou hmotnost jednoho celého kusu. Při stanovování počtu výlisků v takovéto vážené dávce by došlo k chybě a byl by vykázan počet kusů o jeden vyšší nebo nižší.

### 2.1.3 Stanovení kusové hmotnosti

Pro stanovení kusové hmotnosti je nutné znát hmotnost váženého souboru  $M$  a počet kusů v souboru.



**Obr. 8** Stanovení kusové hmotnosti

$m_{ks}$  – kusová hmotnost,  $M$  – hmotnost váženého souboru,  $N$  – počet ks v souboru stanovený přímou metodou,  $n$  – počet ks v souboru stanovený nepřímou metodou,  $m_{ksn}$  – jmenovitá hmotnost výlisku.

Okamžitou kusovou hmotnost výlisku  $m_{ks}$  lze stanovit po vydělení hmotnosti váženého souboru  $M$  počtem výlisků  $N$  ( $n$ ) ve váženém souboru dle vztahu (2). Při použití přímé metody stanovení počtu kusů je znám konstantní počet výlisků v každé vážené dávce  $N$ . Je-li použita metoda stanovení počtu kusů nepřímou, je  $n$  výpočtem stanovený počet kusů ve vážené dávce.

$$m_{ks} = \frac{M}{N(n)} \quad (2)$$

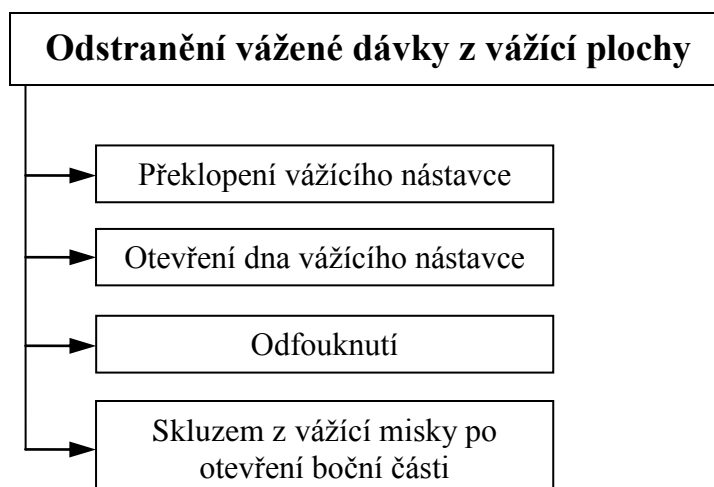
#### 2.1.4 Vrácení vážené dávky do hlavního toku

Automatizované vážení jednotlivých dávek bude probíhat v pětiminutových intervalech. Podíl zvážených kusů k celkovému objemu vyrobených výlisků bude nejvyšší v případě Kytíčky 1D14 a to cca 2 % (tab. 3). Není požadováno vracet odvážené kusy do temperační nádoby, a proto budou tyto kusy brány jako odpad, který lze opět zpracovat společně s brokem pod tvarovacími kaplíky tvarovacího stroje. Po každém vážení je nutné zajistit přesun zvážených výlisků z vážícího nástavce do připravené nádoby, což lze provést několika základními způsoby (obr. 9).

**Tab. 3** Podíl zvážených kusů

Název výlisku	Takt [ks/min]	Takt [ks/hod]	Vážený soubor [ks]	Zváženo [ks/hod]	% z výroby
Kytíčka 1D14	50	3000	5	60	2
Čtvereček H8	90	5400	5	60	1,11
Kytíčka 1D6	130	7800	10	120	1,54
Triangl	150	9000	10	120	1,33

Temperační nádoba pojme objem výlisků, který je vyprodukován za 2 hodiny chodu stroje při výrobě nejobjemnějších výlisků. Poté je nutný zásah obsluhy, aby vyprázdnila temperační nádobu.



**Obr. 9** Odstranění vážené dávky z vážící plochy

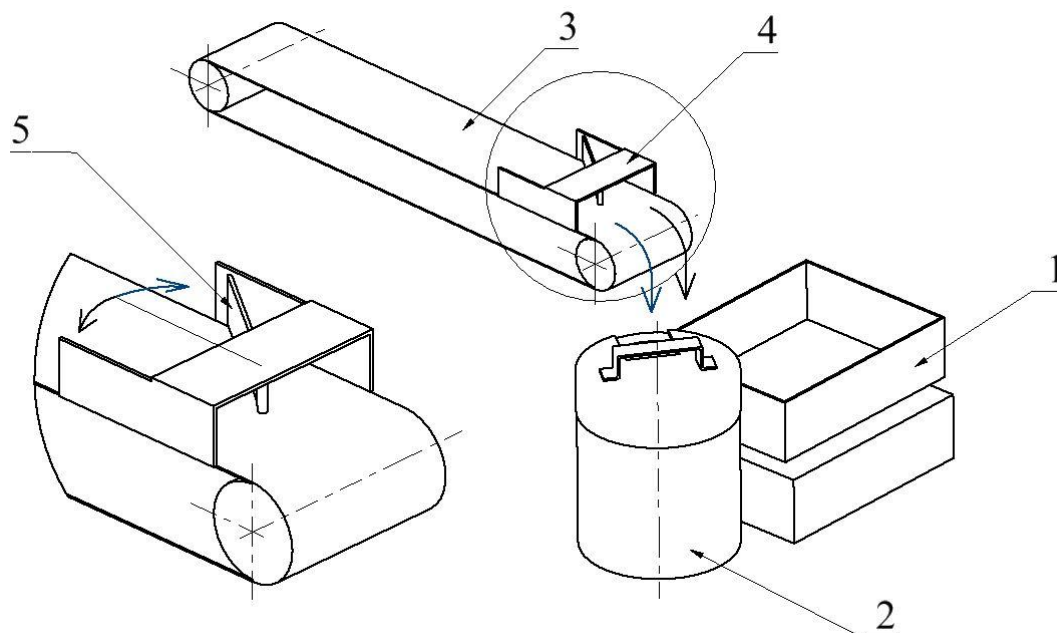
## **2.2 Návrhy konstrukce vážícího zařízení**

Jako řešení je uvažováno celkem šest koncepčních variant pro kontinuální vážení skleněných výlisků. Všechny varianty jsou navrženy s ohledem na specifika manipulace s drobnými skleněnými výlisky. Cílem je zajistit spolehlivé a bezporuchové vážení.

### **2.2.1 Varianta A**

Návrh varianty A spočívá v tom, že výlisky budou na konci pásového dopravníku separovány na okraje drátěného pásu. Tato činnost bude zajištěna pomocí otočného hradla umístěného na nosné konstrukci (obr. 10). Z levého okraje pásu bude zajištěn spád výlisků do temperační nádoby. Po přestavení hradla do druhé polohy budou z pravého okraje pásu výlisky padat na vážící nástavec digitální váhy. Pohyb hradla bude zajištěn pneumatickým pohonem. Nevýhodou je malá šířka drátěného pásu a tím obtížné uspořádání jednotlivých komponent pod předávacím koncem pásového dopravníku. Tato varianta využívá nepřímé metody stanovení

kusové hmotnosti, jelikož ve váženém souboru nebude zajištěn vždy stejný počet výlisků.

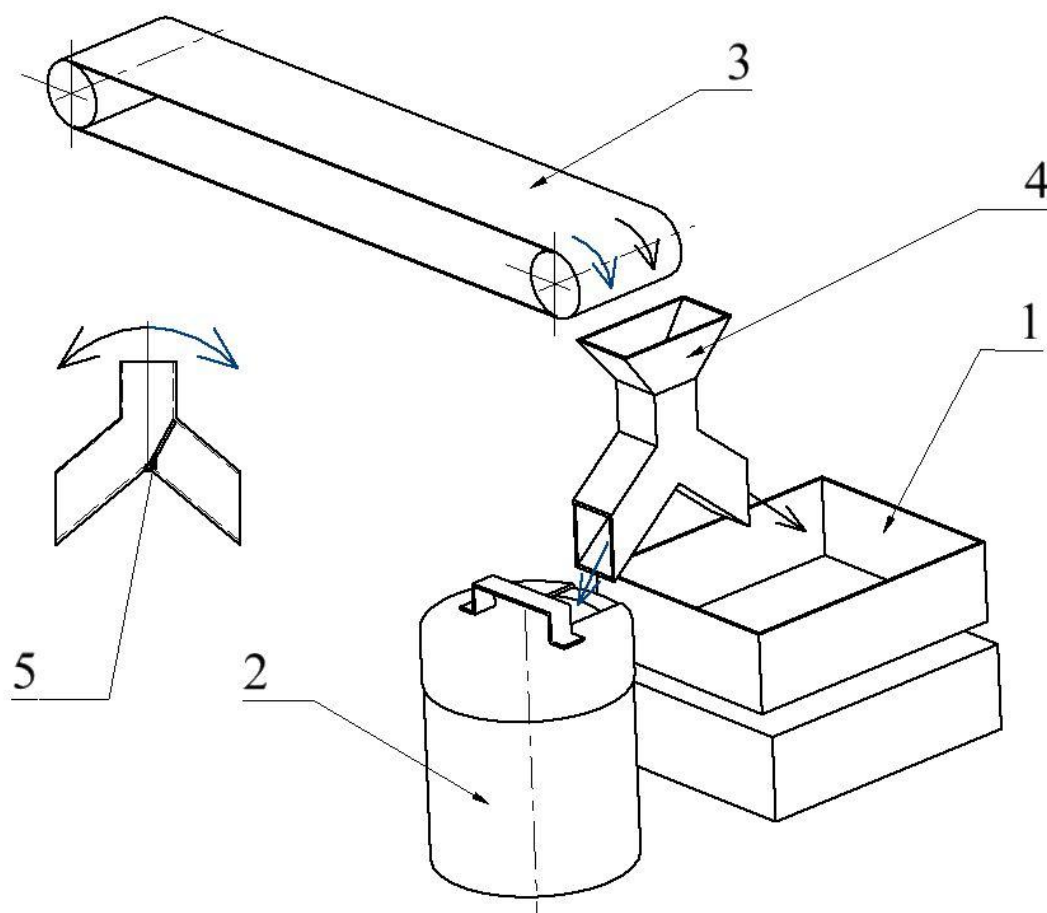


**Obr. 10** Princip varianty řešení A

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) nosná konstrukce mechanismu, 5) otočné hradlo

### 2.2.2 Varianta B

V návrhu varianty B bude docházet k nasměrování výlisků na váhu či do temperační nádoby až po jejich opuštění pásového dopravníku (obr. 11). Výlisky budou volným pádem směřovat do rozdělovacího trychtýře, který je opatřen otočnou klapkou uzavírající vždy jeden z výstupů. Pohyb otočné klapky bude realizován pneumatickým pohonem. Ke stanovení kusové hmotnosti výlisku bude využita nepřímá metoda, jelikož vážená dávka bude obsahovat neznámý počet kusů.



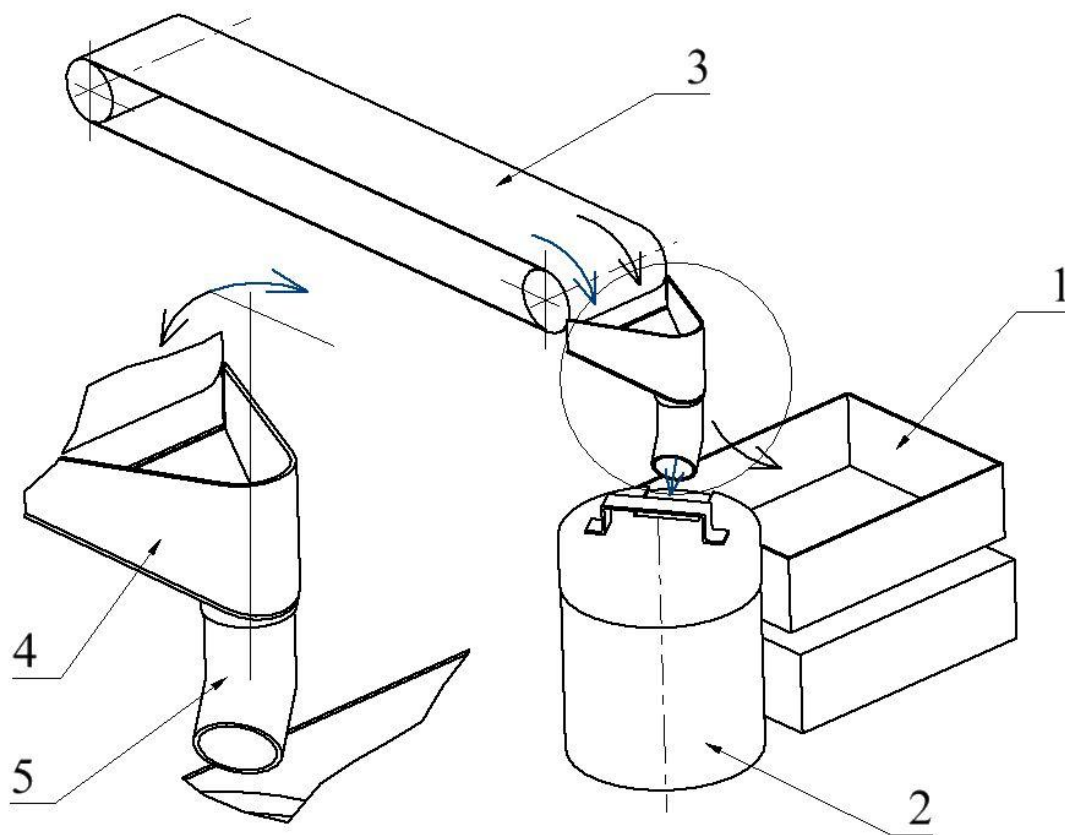
**Obr. 11** Princip varianty řešení B

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) rozdělovací trychtýř, 5) otočná klapka

### 2.2.3 Varianta C

Ve variantě C výlisky na konci pásového dopravníku přepadnou na skluz, jehož ústí bude zakončeno otočným kolenem (obr. 12), které zajistí dopravu výlisků do temperační nádoby. Při operaci vážení bude koleno pootočeno o úhel  $\pi/2$  a tím dojde k přesměrování toku výlisků na vážící nástavec. Počet kusů ve váženém souboru nebude vždy stejný, je proto nutné použít metodu stanovení kusové hmotnosti nepřímou.



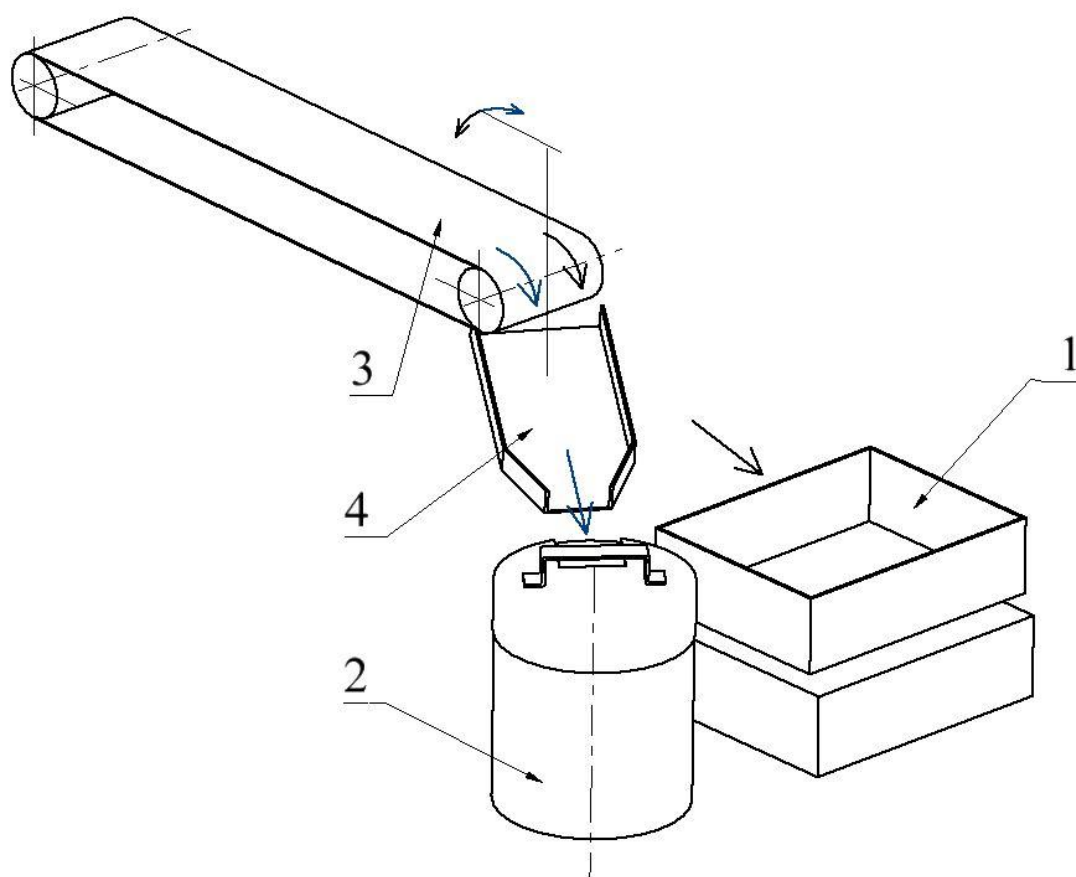


**Obr. 12** Princip varianty řešení C

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) skluz, 5) otočné koleno

#### 2.2.4 Varianta D

Skluz, který směřuje výlisky do temperační nádoby je otočně uložen pod výstupem z pásového dopravníku (obr.13). Pohon je realizován pomocí kyvného modulu. Během přemisťování skluzu mezi krajními polohami nelze zastavit tok výlisků, čímž vzniká riziko pádu výlisků mimo požadovaný prostor.



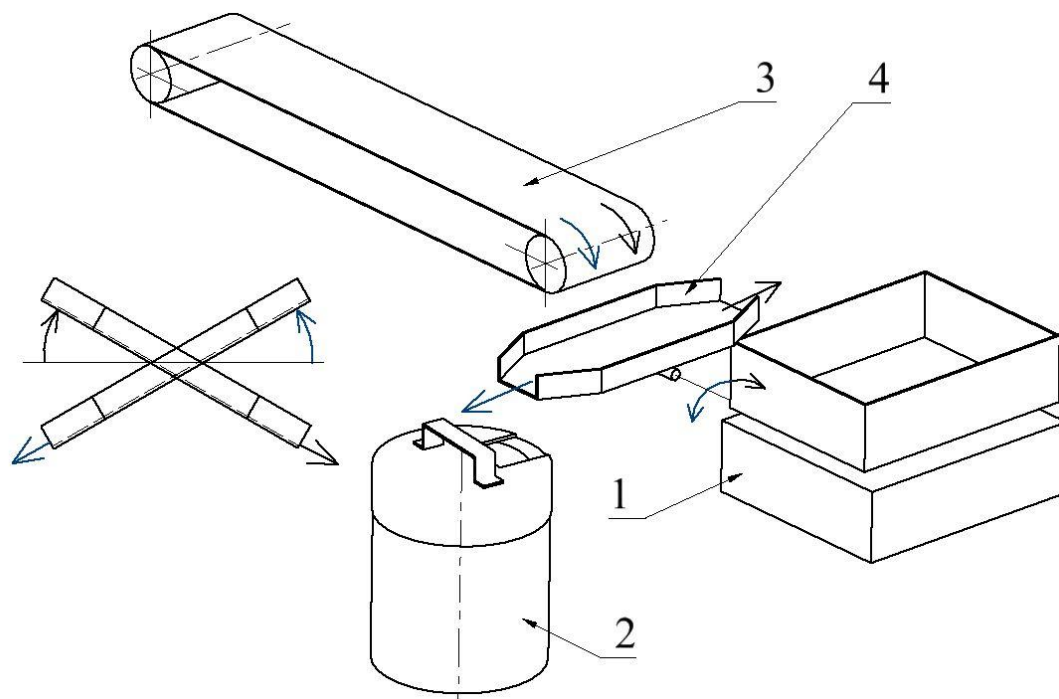
**Obr. 13** Princip varianty řešení D

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) skluz

### 2.2.5 Varianta E

Tato varianta řešení umožňuje na krátký čas přerušit tok výlisků do temperační nádoby. Při požadavku vážit výlisky se překlápí skluz na otočném čepu do takové polohy, aby výlisky směřovali na váhu. Poté skluz zaujme horizontální polohu a hromadí se na něm výlisky, které jsou v případě kladného výsledku vážení směřovány do temperační nádoby. To je zajištěno překlopením skluzu do polohy zajišťující dopravu výlisků do temperační nádoby. V opačném případě, nevyhovuje-li hmotnost výlisků, je skluz překlápěn opět do polohy, kdy tok výlisků směřuje na váhící misku digitální váhy a signalizačním zařízením je přivolána obsluha. Je tak

zabráněno mísení přesných výlisků v temperační nádobě se zmetky na ploše skluzu. Otočný pohyb skluzu bude realizován kyvným pohonem.



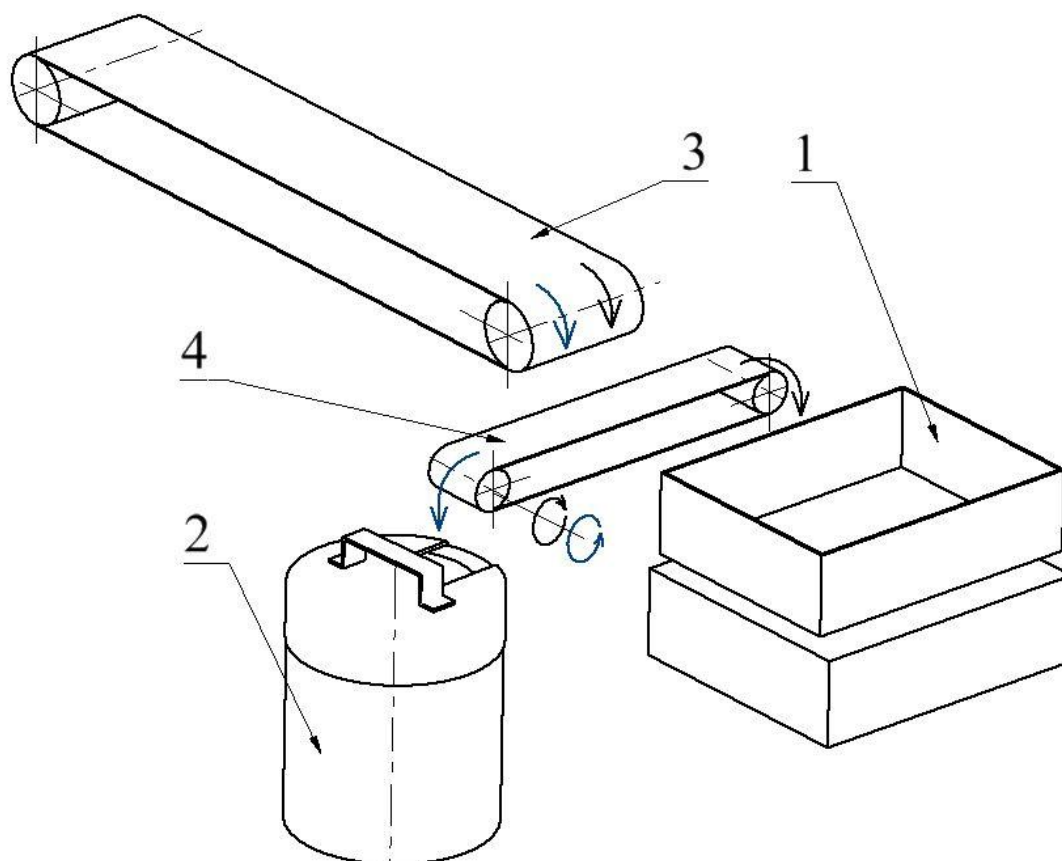
**Obr. 14** Princip varianty řešení E

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) dvousměrný skluz

### 2.2.6 Varianta F

Podobná varianta variantě E. Zde je rozdělování výlisků prováděno malým pásovým dopravníkem umístěným příčně ke směru toku výlisků (obr. 15). Na pohonu dopravníku lze měnit směr otáčení, čímž bude zajištěna plynulá změna toku výlisků na váhu popř. do temperační nádoby. V případě naplnění temperační nádoby bude pásový dopravník zastaven, čímž vznikne časový interval pro výměnu za prázdnou temperační nádobu. Během výměny budou výlisky hromaděny na ploše dopravníku. Při umístění prázdné temperační nádoby bude dopravník uveden opět do

pohybu a nahromaděné výlisky přenesou do temperační nádoby. Tato varianta zaručuje kontinuálnost vážení a eliminuje podíl fyzické námahy. Nevýhodou je finanční náročnost řešení.



**Obr. 15** Princip varianty řešení F

- 1) digitální váha, 2) temperační nádoba, 3) pásový dopravník, 4) pásový dopravník s měnitelným smyslem otáčení

### 2.3 Rozhodovací analýza – výběr varianty pro konstrukční řešení

Pro volbu vhodného řešení vázícího zařízení je použita rozhodovací analýza (tab. 4). Pro analýzu jsou zvolena tato kritéria:

- ✓ velikost zařízení,
- ✓ složitost konstrukce,
- ✓ možnosti modifikace,
- ✓ rozsah automatizace,
- ✓ investiční náklady.

Možné varianty vázících zařízení jsou zastoupeny v pravé části tabulky pouze písmeny:

- A Varianta A (otočné hradlo)
- B Varianta B (rozdělovací trychtýř)
- C Varianta C (otočné koleno)
- D Varianta D (otočný skluz)
- E Varianta E (dvousměrný skluz)
- F Varianta F (pásový dopravník)

Protože jednotlivá kritéria mají rozdílnou míru závažnosti pro posuzování variant, je nutné stanovit jejich váhu. Vzhledem k obtížnosti posuzování většího počtu kritérií najednou se aplikuje pro stanovení pořadí důležitosti metoda párového srovnání (tab. 5). Výsledkem rozhodovací analýzy mezi šesti variantami konceptů, dle pěti výše uvedených kritérií bylo stanoveno toto pořadí:

1. Varianta E (dvousměrný skluz)
2. Varianta D (otočný skluz)
3. Varianta A (otočné hradlo)
4. Varianta F (pásový dopravník)
5. Varianta B (rozdělovací trychtýř)
6. Varianta C (otočné koleno)

Z výsledků rozhodovací analýzy je pro konstrukční řešení tedy vybrána varianta E.

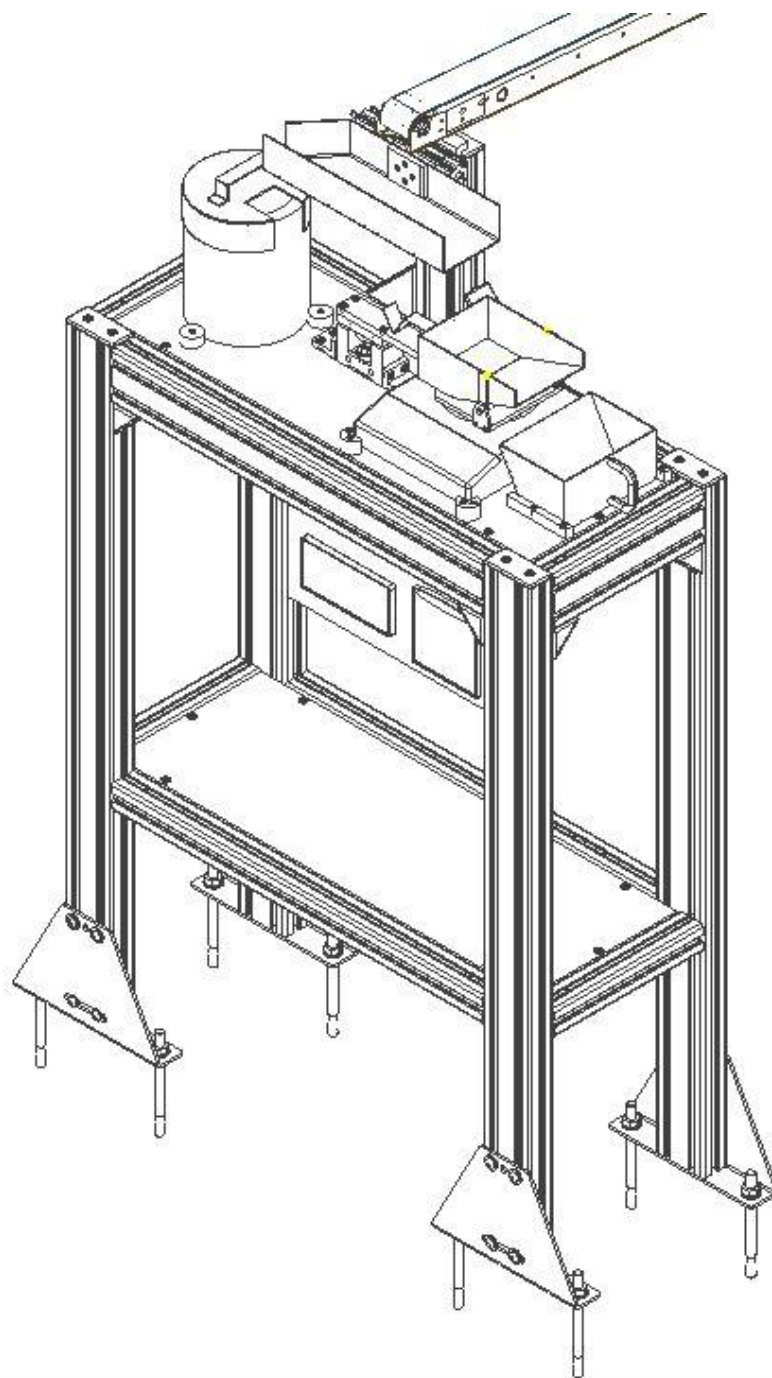


Tab. 2.2

PÁROVÉ SROVNÁNÍ KRITÉRIÍ					MATICE UŽITNOST ALTERNATIV													
Poř. č.	Název kritéria	Počet voleb	Pořadí významnosti	Váha	X		A		B		C		D		E		F	
					Hodnota	P	Hodnota	P	Hodnota	P	Hodnota	P	Hodnota	P	Hodnota	P	Hodnota	P
1. ↓	Velikost zařízení	2	3	3	100	300	90	270	70	210	65	195	85	255	85	255	60	180
2. ↓	Složitost konstrukce	4	1	5	100	500	80	400	65	325	60	300	90	450	85	425	70	350
3. ↑	Možnosti modifikace	0	5	1	100	100	70	70	60	60	80	80	90	90	100	100	95	95
4. ↑	Rozsah automatizace	3	2	4	100	400	60	240	70	280	65	260	65	260	95	380	95	380
5. ↓	Investiční náklady	1	4	2	100	200	80	160	65	130	65	130	95	190	95	190	60	120
CELKEM						1500		1140		1005		965		1245		1350		1125
UŽITNOST V RELATIVNÍM VYJÁDŘENÍ (%)																		
POŘADÍ ALTERNATIV PODLE UŽITNOSTI																		
↑ Optimum je maximum		↓ Optimum je minimum																

### 3 Konstrukční řešení zvolené varianty

Skleněné výlisky opouští tvarovací stroj a pomocí skluzu jsou sváděny na drátěný pás dopravníku, který má šířku 50 mm. Během transportu jsou výlisky ochlazovány stlačeným vzduchem. Na předávacím konci pásového dopravníku mají výlisky teplotu, která zaručuje jejich tvarovou stálost při následné manipulaci.



*Obr. 16* Navržené pracoviště

V navrhované variantě řešení dochází k manipulaci s výlisky v okamžiku, kdy opustí přepadový buben na konci dopravníku. Výlisek dopadne na systém kyvného dvousměrného skluzu (výkres 2-BP S07000354-1-3-00), který v základní poloze směřuje výlisky do připravené temperační nádoby.

Při operaci vážení je pomocí pneumatického kyvného pohonu od firmy FESTO (typ DRQD-B-16-90-PPVJ-A-AR-FW-Z1) skluz překlopen a tok výlisků přesměrován na vážicí nástavec umístěný na vážicí ploše váhy Snowrex BBA-600. Tuto polohu skluz zaujme jen na krátký časový interval (tab. 6) dle taktu vyráběného sortimentu a po uplynutí daného času zaujme mezipolohu horizontální. Tím dojde k separaci souboru o neznámém počtu kusů na vážicím nástavci a zároveň je přerušen tok výlisků do temperační nádoby. V průběhu vážení se výlisky hromadí na ploše skluzu.

**Tab. 6** Čas překlopení skluzu dle sortimentu

Název výlisku	Výrobní takt [ks/min]	Čas překlopení skluzu [s]	Předpokládaný počet výlisků ve váženém souboru
Kytička 1D14	50	6	5
Čtvereček H8	90	4	6
Kytička 1D6	130	5	11
Triangl	150	4	10

Po zvážení souboru výlisků je vysunut pneumatický pohon od firmy FESTO (typ DSNU-20-125-PPV-A). Tento válec je upevněn ve vodící jednotce FEN-20-125 od firmy FESTO, z důvodu zajištění proti pootočení. Pohyb válce zajistí vyklopení vážicího nástavce. Zvážené výlisky se skluzem přemístí z misky vážicího nástavce do připravené nádoby. Poté je pneumatický pohon vrácen do své dolní úvratě a vážicí nástavec zaujme opět základní polohu.

Dle výsledku kontrolního vážení je skluz opět překlopen do jedné z pracovních poloh:

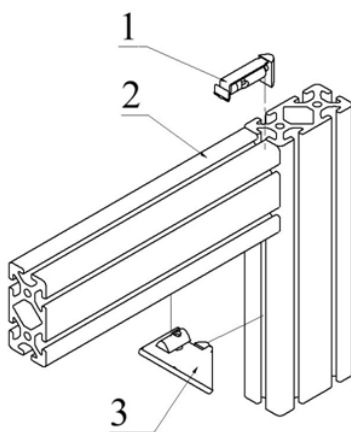
- pozitivní výsledek vážení = hlavní tok nasměrován do temperační nádoby,



- negativní výsledek vážení = hlavní tok nasměrován do vážícího nástavce a pomocí zvukového signálu je přivolána obsluha, která zajistí provedení korekce chodu stroje.

### 3.1 Konstrukční návrh stolu

Rozměry pracovní desky stávajícího stolu jsou nevyhovující a neumožňují umístění všech komponentů vážícího zařízení. Je navrhnout rám stolu z přesných eloxovaných hliníkových profilů z nabídky firmy ITEM. Z důvodu tuhosti rámu jsou zvoleny profily řady 8 s podélnými drážkami a pro spojování profilů je použito konektorového spoje 8 s krytkou (obr. 17). Kotevní nohy, kotevní šrouby, polykarbonátové pracovní desky, úhelníky i spojovací součásti jsou taktéž produkty firmy ITEM. Výhodou těchto stavebnicových prvků je jejich snadná montáž, vysoká přesnost i pevnost a značná variabilita v řešení s možností dalšího rozšiřování ve smyslu dodatečného připojení např. zásobníku temperačních nádob v kombinaci s válečkovým systémem dopravy. Výška desky stolu od země je 1035 mm a je stejná jako u stolu stávajícího. Z ergonomického hlediska tedy stůl vyhovuje.



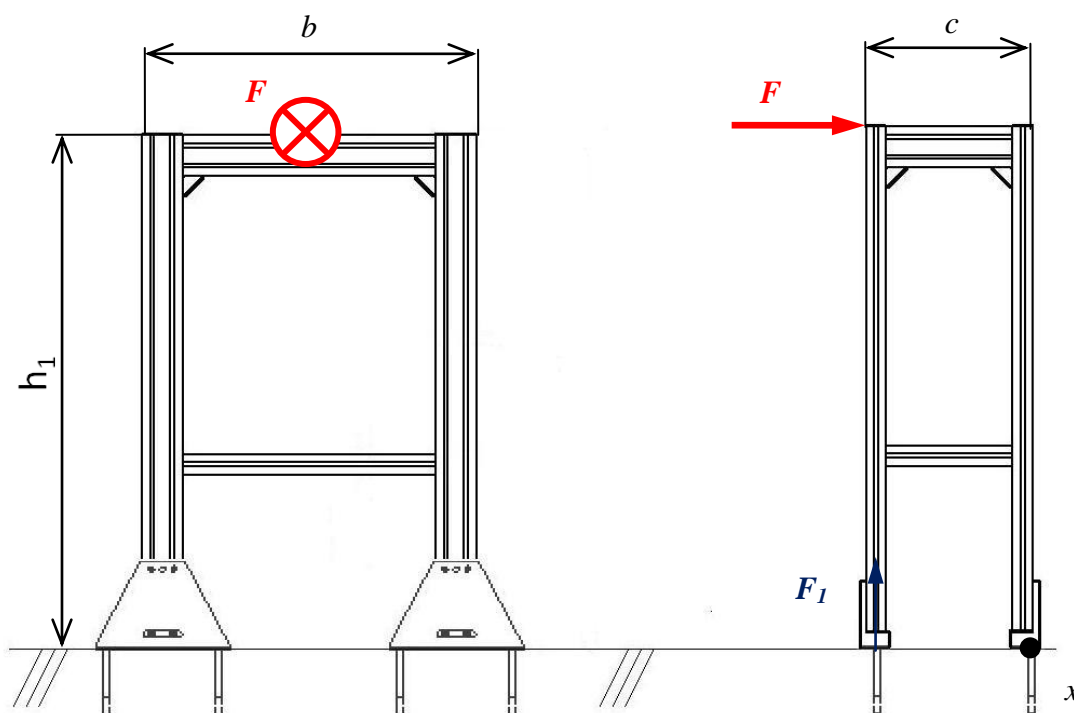
**Obr. 17** Použitý systém spojování profilů řady 8

- 1) Automatický spoj 8 s krytkou
- 2) Profil 8 (80x40)
- 3) Úhelník 8 sada (40x40)

Katalogová čísla jednotlivých součástí jsou uvedena v kusovníku na sestavném výkresu s označením 2-BP S07000354-1-00.

Výpočet stability stolu:

Vzhledem k výšce stolu a malému rozpětí stojných nohou je nutné zajistit stabilitu stolu přišroubováním k podlaze. Nohy stolu jsou připojeny k podlaze skupinou šroubových spojů ( $i = 8$ ) pomocí kotevních šroubů se závitem M12 a s dovolenou tahovou silou  $F_{max} = 4760 \text{ N}$ . Pro stykovou plochu závitů šroubu a matice, stejně jako pro stykovou plochu matice a kotevní nohy je předpokládán součinitel tření  $f_z = f_p = 0,18$ . Lze uvažovat, že na vrchní desku stolu o rozměrech  $b = 780 \text{ mm}$  a  $c = 250 \text{ mm}$  bude působit ve výšce  $h_1 = 1035 \text{ mm}$  síla  $F = 800 \text{ N}$  v horizontálním směru. Poměr tuhosti  $k_s$  šroubu a  $k_p$  spojovaných materiálů v místě spoje je předpokládán 1:7. Součinitel přetížitelnosti spoje je uvažován  $\psi = 1$ .



**Obr. 18** Zatížení skupiny šroubových spojů

Síla  $F=800\text{N}$  způsobí namáhání spoje ohybem a smykem. Ohybový moment

$$M_o = F \cdot h_1 = 800 \text{ N} \cdot 1035 \text{ mm} = 828 \text{ N} \cdot \text{m}$$

má snahu naklopit stůl vůči podlaze. Osa potenciálního naklopení  $x$  bude v místě os protilehlé čtveřice šroubových spojů. Ohybový moment tak zatíží čtveřici šroubových spojů provozní silou  $F_I$  a lze psát:

$$M_o = 4 \cdot F_1 \cdot c$$

$$F_1 = \frac{M_o}{4 \cdot c} = \frac{828 Nm}{4 \cdot 0,25m} = 828 N$$

Nyní lze stanovit předpětí  $F_Q$  podle vztahu

$$F_Q = \psi F_1 + \Delta F_{p1} = F_1 \left( \psi + \frac{k_p}{k_s + k_p} \right) = 828 N \left( 1 + \frac{7}{1 + 7} \right) = 1552,5 N$$

Pevnostní kontrola šroubu. Za provozu je šroub namáhán pouze tahem silou  $F_{s1}$ , pro kterou platí, že

$$F_{s1} = F_Q + \Delta F_{s1} = F_Q + F_1 \frac{k_s}{k_s + k_p} = 1552,5 N + 828 N \cdot \frac{1}{1 + 7} = 1656 N$$

$$\underline{\underline{F_{max} = 4760 N < F_{s1}}}$$

Kontrola přenosu smykové síly třecími silami mezi spojovanými součástmi. Musí být splněno, že

$$F < 4 \cdot F_{p1} \cdot f$$

$$\text{kde } F_{p1} = F_Q - \Delta F_{p1} = F_Q - F_1 \frac{k_p}{k_s + k_p} = 1552,5 N - 828 N \cdot \frac{7}{1 + 7} = 828 N$$

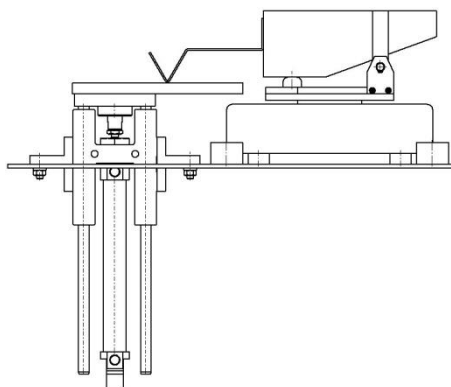
$$800 N < 4 \cdot 828 N \cdot 0,3$$

$$\underline{\underline{F = 800 N < 993,6 N}}$$

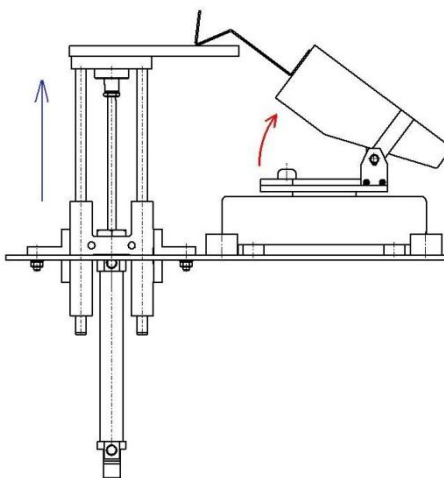
Podmínka pro přenos smykové síly  $F = 800 N$  třecími silami v místě jednotlivých šroubových spojů je splněna.

### 3.2 Konstrukční návrh vážícího nástavce

Do navrhovaného vážícího systému je začleněna stávající váha snowrex BBA-600. Je navrhnut výklopný vážící nástavec, který je na vážící ploše přilepen a jeho hmotnost je vytárována. Vážící nástavec je tvořen plechovým žlabem o tloušťce materiálu 2 mm, který slouží k zachycení výlisků směřovaných na váhu kyvným skluzem. Žlab je otočně uložen v rámu vážícího nástavce. Jako pohonu je použito pneumatického válce DSNU-20-125-PPV-A od firmy FESTO, který se vertikálně vysouvá a tím plechový žlab vyklápí. Píst je upevněn v desce stolu tak, aby v dolní úvratí nebyl v kontaktu s výklopným žlabem. Tím je zaručeno, že výklopný nástavec spočívá celou svou hmotností na vážící ploše váhy. Sklon plechového žlabu nástavce po vyklopení zaručuje překonání statického tření výlisků a jejich přemístění do připravené nádoby. Sestavný výkres vážícího nástavce má označení 2-BP S07000354-1-5-00.



**Obr. 19a** Výklopný pohyb vážícího nástavce-základní poloha

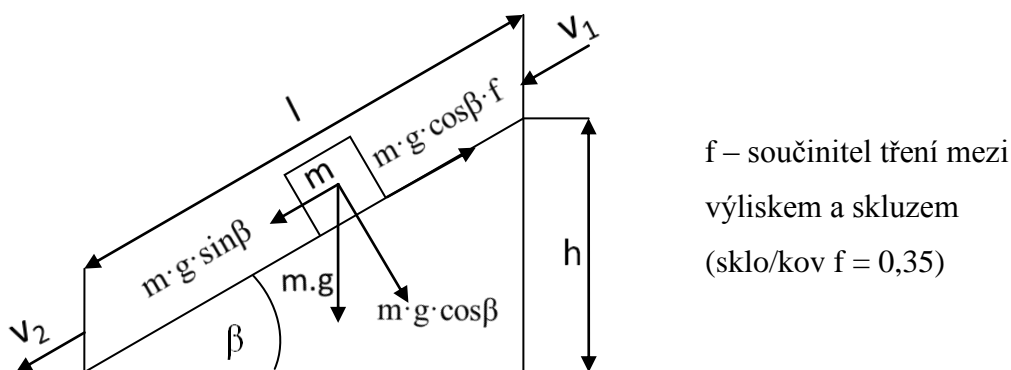


**Obr. 19b** Výklopný pohyb vážícího nástavce-vysunutí pneumatického válce a vyklopení vážícího nástavce – zdvih 125 mm

### 3.3 Konstrukční návrh gravitačního skluzu

Gravitační skluz je vyroben z plechu o tloušťce 2 mm. Vystřižený rozvin je naohýbán a svařen dle výkresu 3-BP S07000354-1-3-02. Skluz bude umístěn příčně pod přepadový buben pásového dopravníku. Tvar skluzu je navržen tak, aby umožňoval zadržení objemu výlisků během operace vážení, kdy je skluz v horizontální poloze. Rozměry i tvar skluzu zaručují, že nedojde k pádu výlisků mimo požadovaný prostor. Úhel sklonu skluzu zabraňuje zastavení výlisku během dopravy.

Výpočet úhlu sklonu gravitačního skluzu:



**Obr. 20** Schematické znázornění dopravy výlisku

Výlisek o hmotnosti  $m$  vstupuje na skluz rychlostí  $v_1$  a opouští skluz rychlostí  $v_2$ . Platí zákon o zachování energie

$$\frac{1}{2}m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot l \cdot f \cdot \cos \beta - \frac{1}{2}m \cdot v_2^2 = 0$$

Výstupní rychlost

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2g(h - f \cdot l \cdot \cos \beta)} = \sqrt{v_1^2 + 2gh \left(1 - \frac{f}{\tan \beta}\right)}$$

Pokud chceme, aby se výlisek pohyboval konstantní rychlostí, musí platit

$$1 - \frac{f}{\tan \beta} = 0$$

V tomto případě je úhel sklonu skluzu

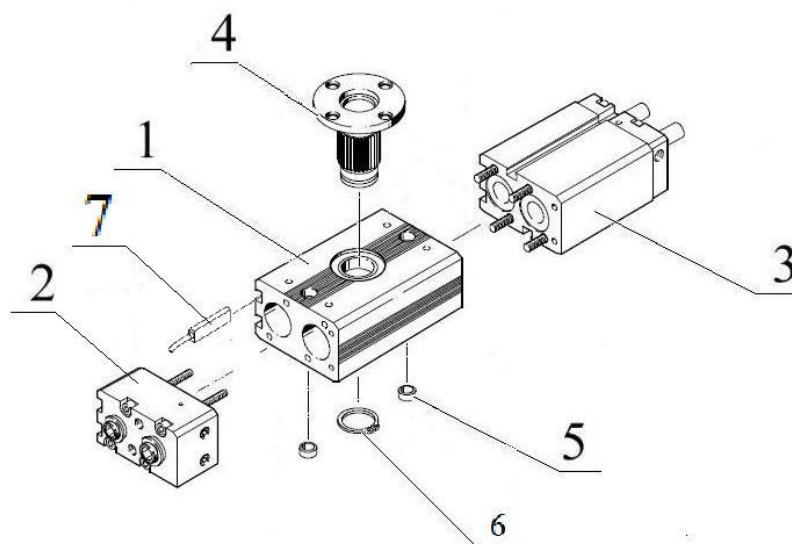
$$\beta = \arctan f$$

$$\beta = \arctan 0,35 \cong 19,3^\circ$$

Minimální úhel sklonu skluzu je vypočten  $19,3^\circ$ .

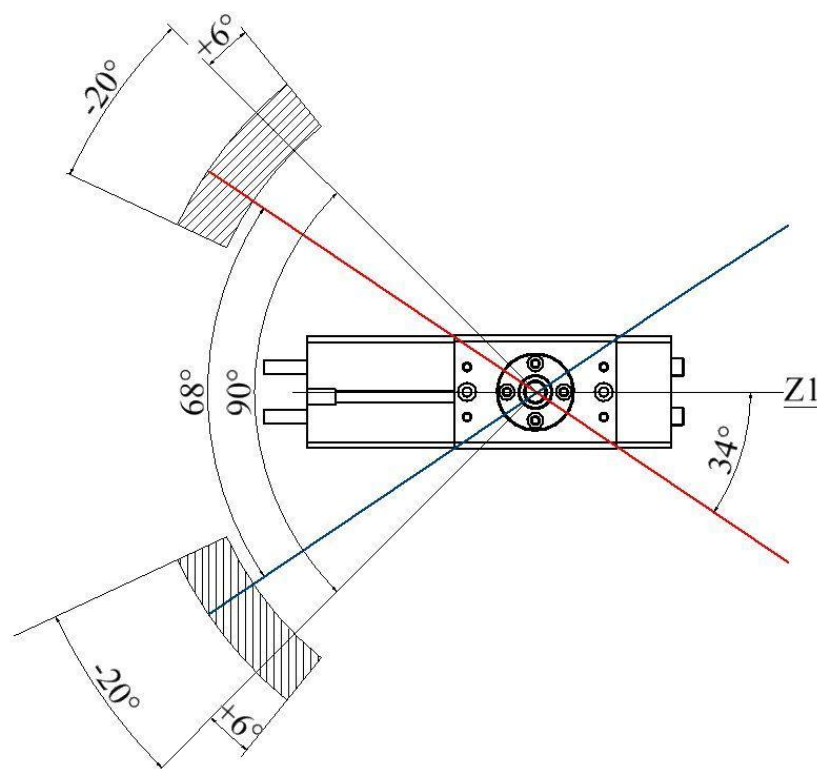
### 3.3.1 Návrh kyvného pohonu pro gravitační skluz

Pohyb skluzu je realizován pneumatickým kyvným pohonem. Byl vybrán pohon DRQD-B-16-90-PPVJ-A-AR-FW-Z1 od firmy Festo (obr. 21). Jedná se o pohon se dvěma písty, který pracuje na principu ozubený hřeben-pastorek. Úhel kyvu je  $90^\circ$  s rozsahem seřízení koncových poloh na každé straně  $-20^\circ \dots +6^\circ$ . Pohon obsahuje modul mezipoloha, který umožňuje bez vůle nastavit doraz pohonu v polovině jeho jmenovitého úhlu kyvu ( $\pm 10^\circ$ ). Přesné nastavení koncových poloh je znázorněno na obr. 3.7. Kyvný pohon je připevněn prostřednictvím upínací desky (výkres 3-BP S07000354-1-3-04) do drážek hliníkového profilu stolu systémem 4 drážkových matic.



**Obr. 21** Kyvný pohon FESTO

- 1) Střední díl pro úhel kyvu  $90^\circ$ , 2) připojovací víko PPVJ, 3) mezipoloha Z1, 4) hřídel s přírubou FW, 5) středící dutinka, 6) pojišťovací kroužek hřídele s přírubou FW, 7) bezdotykové snímače poloh A



**Obr. 22** Seřízení koncových poloh kyvného pohonu

- modrá čára znázorňuje polohu skluzu během dopravy výlisků do temperační nádoby
- červená čára znázorňuje polohu skluzu během dopravy výlisků na váhu
- Z1 znázorňuje mezipolohu => horizontální polohu skluzu během vážení

Pro kontrolu, zda byl vybrán správný typ a velikost kyvného pohonu, musí být k dispozici následující údaje:

- 1) hmotnostní moment setrvačnosti
- 2) krouticí moment
- 3) kinetická energie otáčejícího se tělesa

ad 1) Výpočet hmotnostního momentu setrvačnosti:

$$I = m \cdot \frac{a^2}{12} = 0,481 \cdot \frac{0,3^2}{12} \cong 0,0036 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

ad 2) Výpočet krouticího momentu, potřebného k otočení skluzu o zadaný úhel v daném čase s použitím koeficientu k:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot \varphi}{t^2} = \frac{2 \cdot 1,1868}{0,4^2} \cong 14,84 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$M_T = I \cdot \varepsilon = 0,0036 \cdot 14,84 \cong 0,053 \text{ N} \cdot \text{m}$$

V případě kývání se ke zrychlení zátěže, tj. k překonání hmotnostního momentu setrvačnosti doporučuje použít koeficient  $k = 10$ .

$$M_E = M_T \cdot k = 0,053 \cdot 10 \cong 0,53 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pro otočení skluzu o hmotnosti 0,481 kg o úhel  $\varphi = 68^\circ$  v čase  $t = 0,4 \text{ s}/90^\circ$  je třeba, aby kyvný pohon vyvinul krouticí moment  $M_E = 0,53 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Zvolený kyvný pohon vyvine podle katalogu při tlaku vzduchu  $p = 0,6 \text{ MPa}$  krouticí moment  $M_E' = 1,6 \div 1,7 \text{ N} \cdot \text{m}$ , který je  $3\times$  větší než vypočtený moment  $M_E$ .

Přesto nelze ihned zvolit menší kyvný pohon s menším rozdílem mezi vypočteným a použitým krouticím momentem. Je nutné zkontrolovat, zda vnitřní dorazy vybraného pohonu jsou schopny absorbovat vygenerovanou kinetickou energii.

ad 3) Kontrola kinetické energie absorbované pohonem:

$$\omega = \frac{2 \cdot \varphi}{t} = \frac{2 \cdot 1,1868}{0,4} = 5,93 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$E_\omega = \frac{I}{2} \cdot \omega^2 = \frac{0,0036}{2} \cdot 5,93^2 = 0,06 \text{ J}$$



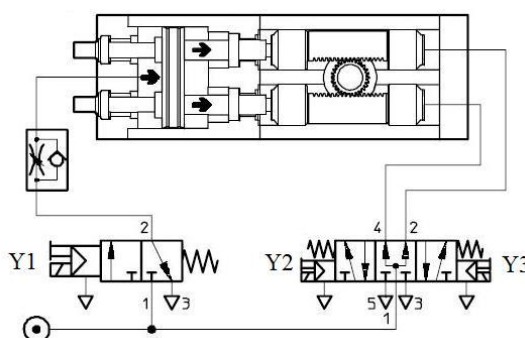
Hodnota vypočtené kinetická energie je menší než hodnota maximální dovolené kinetické energie zvoleného pohonu (0,084 J). Zvolený pohon vyhovuje provozním požadavkům. Pokud by se použily externí dorazy, pak by bylo možné použít menší z rozměrové řady kyvných pohonů.

### 3.4 Návrh pracovního pneumatického obvodu

Pro správnou funkci modulu mezipolohy musí být základní pohon DRQD pod tlakem z obou stran. Toho lze dosáhnout dvěma variantami ovládání:

#### Varianta ovládání 1:

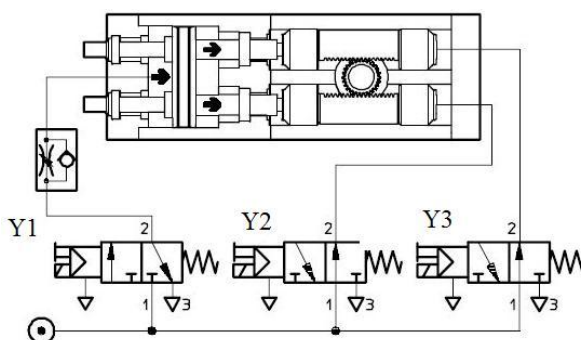
- modul mezipolohy (přívod vzduchu nutné škrtit ventilem 3/2)
- základní pohon DRQD s ventilem 5/3, střední poloha odvětraná



**Obr. 23** Zobrazení varianty ovládání 1

#### Varianta ovládání 2:

- modul mezipolohy (přívod vzduchu nutné škrtit ventilem 3/2)
- základní pohon DRQD se dvěma ventily 3/2, návrat do základní polohy pružinou



**Obr. 24** Zobrazení varianty ovládání 2

### 3.4.1 *Popis funkce pneumatického obvodu*

Pneumatický obvod navržený jako jednoúčelový manipulátor pro kontinuální vážení skleněných výlisků je tvořen jedním dvojčinným kyvným pneumotorem (typ DRQD-B-16-90-PPVJ-A-AR-FW-Z1 od firmy FESTO), který je vybaven třemi bezdotykovými snímači krajních poloh (typ SME-8-K5-LED-24 od firmy FESTO). Tyto snímače přenášejí informaci o pozici skluzu do PLC modulu (V130-33-TA24 od firmy Unitronics). Dále je v obvodu dvojčinný válec (typ DSNU-20-125-PPV-A od firmy FESTO), který je vybaven dvěma bezdotykovými snímači krajních poloh (typ SME-8-K5-LED-24 od firmy FESTO). Tyto snímače přenášejí informaci o pozici válce do PLC. Do PLC je dále přiváděna informace od řídicího systému vážení (WE 2110 od firmy HBM), který je propojen s vahou Snowrex BBA-600 pomocí sériového datového rozhraní RS232.

Na základě těchto vstupních signálů a v závislosti na tlačítku, které je stisknuto, modul PLC elektromagneticky ovládá 3/2 rozvaděč a 5/3 rozvaděč, přes které je realizován pohyb kyvného pneumotoru a rozvaděč k ovládání pneumatického válce.



### 3.5 *Technická dokumentace*

Sestavné výkresy zvolené varianty jsou zpracovány v příloze formou technické dokumentace (výkresy č.

1-BP S07000354-1-0-00,  
2-BP S07000354-1-2-00,  
2-BP S07000354-1-3-00,  
3-BP S07000354-1-3-02,  
4-BP S07000354-1-3-03,  
3-BP S07000354-1-3-04,  
2-BP S07000354-1-5-00,  
4-BP S07000354-1-5-01,  
4-BP S07000354-1-5-02,  
4-BP S07000354-1-5-03,  
4-BP S07000354-1-5-04,  
4-BP S07000354-1-5-05.

#### 4 Závěr a zhodnocení využitelnosti

V souladu se zadáním bakalářské práce byly na základě rozboru výrobního procesu a sortimentu stanoveny základní technické podmínky pro návrh řešení automatického vážení s respektováním specifík manipulace se skleněnými výlisky.

Byl proveden teoretický rozbor možností automatického snímání počtu výlisků a vážení a jako nejvhodnější byla vybrána nepřímá metoda stanovení kusové hmotnosti. Tato metoda nevyužívá optoelektronických snímačů k počítání výlisků a je tedy zejména z ekonomického hlediska výhodná. Dle technických požadavků, kterými byla především přesnost vážení a snížení podílu fyzické námahy obsluhy, bylo postupně navrženo celkem šest variant, ze kterých byla rozhodovací analýzou zvolena a dále podrobněji rozpracována varianta dvousměrného skluzu, která plně vyhovuje technickým podmínkám pro návrh řešení.

Vybraná varianta byla zpracována formou sestavných výkresů, které znázorňují principiální uspořádání navrženého pracoviště pro testování hmotnosti vyráběného sortimentu skleněných výlisků.

Výhodou předkládaného řešení je jeho variabilita ve vztahu k výškovému uspořádání tvarovací linky s možností dalšího rozšiřování ve smyslu dodatečného připojení např. zásobníku temperačních nádob v kombinaci s válečkovým systémem dopravy. Dle technických předpokladů je navržená varianta pracoviště plně využitelná ve výše popsaném výrobním procesu a dává předpoklady ke zvýšení efektivity kontrolního procesu.

Do budoucna se předpokládá rozšíření pracoviště o automatický systém výměny temperačních nádob a možnost využití digitálních výstupů z kontrolního zařízení (vážící plošiny) pro automatickou korekci chodu tvarovacího stroje.

Závěrem lze konstatovat, že bakalářská práce prezentuje v současné době jednoznačný trend automatizace výrobních procesů.



## 5 *Použitá literatura*

- [1] Katalog firmy ITEM, *MB Systembaukasten*, 1995, [www.item.info/en/](http://www.item.info/en/)
- [2] Katalog firmy FESTO, [www.festo.com/pnf/cs\\_cz/products/catalog](http://www.festo.com/pnf/cs_cz/products/catalog)
- [3] Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, spol. s r.o. 2000, ISBN 80-7183-164-6
- [4] Firemní podklady a.s. Preciosa
- [5] Novotný, F.: *Základy robotiky*. Skripta DVD, Liberec 2007. 254 s.